

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta Strojní**

**Institut dopravy**

**Alternativní paliva v provozu MHD**

**Alternative Fuels in Urban Transport**

**Student:**

**Jaroslav Jelínek**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Michal Richtář**

**Ostrava 2009**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Alternativní paliva v provozu MHD**

*Alternative Fuels in Urban Transport*

**Student:** Jaroslav Jelínek  
**Studijní obor:** 2301R002 Dopravní technika  
**Pracoviště:** Institut dopravy - 342

## Zásady pro zpracování:

1. Úvod
2. Alternativní paliva
3. Technické požadavky na vozidla MHD
4. Ekonomika provozu
5. Návrhy a doporučení
6. Závěr

**Pokyny pro zpracování:**

**Rozsah práce:** min. 30 stran textu mimo přílohy

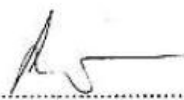
**Cíl práce:** Cílem práce je posoudit nasazení alternativních paliv v městské hromadné dopravě.

**Seznam doporučené literatury:**

- MATĚJKA, R. *Vozidla silniční dopravy I.* Alfa Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7  
MATĚJKA, R. *Vozidla silniční dopravy II.* Alfa Bratislava, 1994, ISBN 80-7100-074-4  
MACEK, J. SUK, B.: *Spalovací motory I.*, Praha, České vysoké učení technické, 2000, 2. vyd.,  
244 stran, ISBN 80-01-02085-1  
VLK, F. *Vozidlové spalovací motory*, Brno, Vydavatelství Vlk, 2003, 1. vyd., 580 s.,  
ISBN 80-238-8756-4

<b>Vedoucí bakalářské práce:</b>	Ing. Michal Richtář
<b>Datum zadání bakalářské práce:</b>	24. září 2008
<b>Datum odevzdání:</b>	22. května 2009
<b>Akademický rok:</b>	2008/2009



  
.....  
**doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.**  
ředitel ID

  
.....  
**prof. Ing. Radim Farana, CSc.**  
děkan FS

V Ostravě dne 23. září 2008

### Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 20.5 2009 .....



podpis studenta

**Prohlašuji, že**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje Zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě zápočtovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího zápočtové práce. Souhlasím s tím, že údaje o zápočtové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít toto dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.5. 2009

  
Jaroslav Jelínek

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jelínek, J. Alternativní paliva v provozu MHD.

Ostrava: Institut dopravy, fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2008, 48 s. bakalářská práce, vedoucí: Ing. Richtář, M.

Bakalářská práce se zabývá problematikou alternativních paliv pro provoz vozidel městské hromadné dopravy v České republice se zaměřením na Dopravní podnik města Ostravy. V úvodní části se zabývá přehledem paliv a porovnáním jednotlivých druhů paliv. Následuje princip úpravy vozidel na provoz při použití alternativních paliv. Dále jsou uvedeny fakta o vlivu používání alternativních paliv na technickou a ekonomickou stránku provozu vozidel na alternativní paliva. V poslední části jsou uvedeny návrhy a doporučení vhodného alternativního paliva.

## **ANNOTATION OF BACHELOR WORK**

Jelínek, J. Alternative Fuels in Urban Transport.

Ostrava: Institute of transportation, mechanical faculty VŠB – Technical university of Ostrava, 2008, 48 p. bachelor work, master: Ing. Richtář, M.

Bachelor work deals with questions of alternative power fuels which are intended for operation of vehicles in urban mass transportation in The Czech Republic, focused on Dopravní podnik města Ostravy. Introduction is concerned with comparing different kinds of fuels. Principle of adjustment of vehicles for operation using alternative fuels follows. As next there are mentioned facts about how using alternative fuels influence technical and economical part of service vehicles which are using this kind of alternative fuels. In last part you can find proposals and suggestions of suitable alternative fuel

## Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení.....	8
1 Úvod .....	9
2 Alternativní paliva .....	10
2.1 Motorová nafta.....	11
2.2 Bionafta .....	11
2.2.1 Bionafta první generace MEŘO (metylester řepkového oleje).....	12
2.2.2 Bionafta druhé generace .....	13
2.3 Emulzní motorová nafta.....	13
2.4 Plyn .....	15
2.4.1 LPG (Liquefied Petroleum Gas) .....	15
2.4.2 Zemní plyn.....	16
2.4.3 Vodík .....	18
3 Technické požadavky na vozidla MHD .....	19
3.1 Přestavba autobusů na bionaftu .....	19
3.2 Přestavba autobusů na bionaftu druhé generace .....	21
3.3 Přestavba autobusů na emulzní naftu .....	22
3.4 Přestavba autobusů na LPG.....	22
3.5 Přestavba autobusů na CNG.....	23
3.6 Přestavba autobusů na LNG .....	24
3.7 Přestavba autobusů na vodíkový pohon.....	24
4 Ekonomika provozu .....	26
4.1 Bionafta .....	27
4.1.1 Výhody bionafty.....	28
4.1.2 Nevýhody bionafty.....	28
4.2 Emulzní motorová nafta.....	28
4.2.1 Výhody emulzní nafty .....	29
4.2.2 Nevýhody emulzní nafty .....	30
4.3 LPG .....	30
4.3.1 Výhody LPG .....	31
4.3.2 Nevýhody LPG .....	31
4.4 Zemní plyn.....	32
4.4.1 Výhody zemního plynu .....	32

4.4.2	Nevýhody zemního plynu .....	33
4.5	Ekonomika vodíkového pohonu.....	33
4.6	Porovnání paliv .....	34
5	Návrh a doporučení alternativního paliva .....	36
5.1	První experiment o přechod na alternativní palivo.....	36
5.2	Emulzní motorová nafta.....	37
5.2.1	Složení výrobku.....	38
5.2.2	Použití paliva .....	38
5.2.3	Úkony potřebné při prvním použití paliva .....	39
5.2.4	Pracovní postupy při provozu .....	39
5.2.5	Ekonomika projektu .....	40
5.2.6	Přínos pro životní prostředí .....	40
5.2.7	Podmínky pro čerpání dotace.....	40
5.3	Zemní plyn.....	41
5.3.1	Plnicí stanice .....	41
5.3.2	Opravy, údržba a kontroly vozidel .....	42
5.3.3	Výběr vozidla.....	42
5.3.4	Údaje o vozidle.....	43
6	Závěr .....	45
	Seznam použité literatury .....	46
	Seznam příloh.....	48



## Seznam použitého značení

CFPP	rozdělení nafty do tříd filtrovatelnosti (Cold Filter Plugging Point)
CNG	stlačený zemní plyn (Compressed Natural Gas)
EU	Evropská unie
FAME	metylester řepkového oleje (Fat Acid Methylester)
g	gravitační konstanta
LNG	zkapalněný zemní plyn (Liquefied Natural Gas)
LPG	propan-butan (Liquefied Petroleum Gas)
MEŘO	metylester řepkového oleje
MHD	Městská hromadná doprava
NEBUS	Nev Elektrik BUS
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
ZZP	zkapalněný zemní plyn

## 1 Úvod

Automobily se spalovacími motory přispívají k velké závislosti naší republiky na dovozu paliv z jiných zemí světa. Ve velké míře se podílejí na vyprodukovaném množství skleníkových plynů a patří k hlavnímu znečišťovateli ovzduší hlavně ve velkých městských aglomeracích.

Stále se zpřísnující normy pro emise, které vyprodukují motorová vozidla a přísné normy pro motorová paliva, stále snižují emise znečišťujících látek, které jsou vypouštěny do ovzduší, ale vzhledem k masivnímu rozvoji dopravy to je stále nedostačující.

Nárůst počtu automobilů tedy nejen znečišťuje životní prostředí, ale způsobuje i velké zácpy a to hlavně v centrech měst. Jedním z možných řešení tohoto problému je podpora městské příměstské dopravy. Je potřeba dosáhnout toho, aby tento druh dopravy byl schopen konkurovat individuální silniční dopravě. Musí nabídnout nejen kvalitní, spolehlivé a rychlé služby, ale především ekologický provoz.

Nedílnou součástí přepravy osob ve městech jsou kromě tramvají, trolejbusů a metra především autobusy. Tyto se přímo podílejí na znečišťování ovzduší při provozu. Jedním z možných řešení tohoto problému je provoz těchto vozidel na ekologická paliva, která přispějí ke zlepšení životního prostředí hlavně v centru velkých měst. Právě nově vznikající projekty zaměřené na ekologický provoz získávají všeobecnou podporu na všech stupních vývoje. Ještě masivnější vývoj v používání alternativních paliv brzdí špatná informovanost dopravců a veřejnosti o základních vlastnostech těchto paliv. Stále přetrvává názor, že alternativní paliva mají více nevýhod než výhod.

Alternativních paliv existuje široká škála. V této bakalářské práci proto uvádím jen některá z možných, které lze za příznivých ekologických, ekonomických, provozních podmínek a nákladů použít pro pohon autobusů v městské hromadné dopravě (MHD).

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit a vybrat některé z možných alternativních paliv a zvážit možnost realizace přestavby nebo možnosti úprav autobusů MHD v Ostravě. Toto město je velice zatíženo emisemi hlavně z průmyslových aglomerací. Snížení emisí z dopravy by výrazně zlepšilo ovzduší v této aglomeraci.

## 2 Alternativní paliva

Nejvíce rozšířeným palivem pro pohon autobusů, které jsou používány k přepravě osob v městské hromadné dopravě, je v dnešní době motorová nafta. Ta se získává destilací surové ropy. Celosvětové zásoby této komodity nejsou nevyčerpatelné a tento zdroj neobnovitelné energie se začíná postupně vyčerpávat. Velice závažným problémem je, že při spalování motorové nafty ve vznětovém motoru vzniká velké množství skleníkových plynů, které výrazně přispívají ke globálnímu oteplení.

Alternativní paliva jsou paliva, která z části nebo celkově nahrazují motorovou naftu.

V souladu s dopravní a energetickou politikou EU je doporučeno v členských zemích nahradit do roku 2020 přibližně 20–30 % konvenčních kapalných uhlovodíkových paliv alternativními palivy. [1]

Tab. 2. 1 Scénář rozvoje alternativních paliv v zemích EU do roku 2020 [1]

Rok	Biopaliva (%)	Zemní plyn (%)	Vodík (%)	Celkem (%)
2005	2			2
2010	6	2		8
2015	7	5	0 - 2	12 - 14
2020	8	10	2 - 5	20 - 23

V současné době je vědci vyvíjeno nebo v provozu zkoušeno mnoho druhů alternativních paliv. Některé druhy se již osvědčily a začínají se používat v provozu používat, některé upadly v zapomnění a na jejich vývoji se již nepracuje.

V tomto přehledu jsou uvedena jen ta paliva, která se v současné době jeví vhodná pro provoz autobusů MHD.

Pro lepší orientaci pro srovnání vlastností jednotlivých druhů alternativních paliv je vhodné se zmínit o prozatím nejrozšířenějším druhu paliva, motorové naftě.

## 2.1 Motorová nafta

Získává se destilací a rafinací ropy při teplotách 180 až 370°C. Kvalita motorové nafty se udává Cetanovým číslem, které vyjadřuje její vznětovou charakteristiku. Motorová nafta je směs uhlovodíků obohacená o vhodná aditiva, která upravují nízkotepeelné vlastnosti, vodivost a antikorozičnost. Jedná se o rakovinotvornou látku negativně působící na životní prostředí.

Její hlavní výhodou je nízká spotřeba při velkém výkonu, který poskytuje a vysoký krouticí moment. Motorová nafta zajišťuje pomalejší rozjezd vozidla, menší otáčky, ale s obrovskou silou. Těmito vlastnostmi je předurčena pro těžkou nákladní a přepravní techniku, mezi kterou patří i autobusy pro přepravu osob v MHD.

## 2.2 Bionafta

Je palivo pro vznětové motory, které se vyrábí lisováním olejnatých semen řepky olejné, slunečnice, sóje nebo z palmového oleje, který je produkován v tropických oblastech. V naší zeměpisné šířce se používají semena řepky olejné. Ze semen vypěstovaných na jednom hektaru se dá vylisovat až jedna tuna řepkového oleje. V porovnání s naftou vyrobenou z ropy má takto získaný olej řadu nevyhovujících vlastností, které je pro použití ve spalovacích motorech třeba upravit. [2]

Tab. 2. 2 Vlastnosti rafinovaného a esterifikovaného řepkového oleje [3]

Parametr			Řepkový olej	Metylester	Motorová nafta
Kinematická viskozita při teplotě	0°C	mm <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>	220	10	14
	20°C		100	8,1	8
	100°C		8	1,7	2
Centanové číslo			50	55	45
Objemová výhřevnost		MJ·l <sup>-1</sup>	34,4	32,7	35,2
Bod vzplanutí		°C	330	130	55
Bod tuhnutí		°C	-18	-7	-12

Prvotní úprava se provádí přímo po vylisování oleje, který je nutno zbavit kalů pomocí sedimentace, filtrace nebo odstředěním. Také zde je možno odstranit fosfáty, které mohou poškodit motor. V současnosti se zkouší několik postupů a metod. Pokusy bylo zjištěno, že u šnekových lisů lze tohoto docílit snížením otáček šneku lisu.

Hlavní úprava paliva spočívá v esterifikaci oleje. Esterifikace spočívá v mísení oleje a methylalkoholu s hydroxidem sodným. Ve směsné nádobě s míchacím zařízením dochází za normální teploty a tlaku k reakci těchto látek a k následnému vytvoření methylesteru a směsi glycerínu s olejem. Methylester odtéká do tepelného ohříváče, kde dochází k oddělení methylalkoholu, který nevstoupil do reakce. Čistý methylester odteká do zásobní nádrže odkud se již může distribuovat k odběratelům. Glycerín s olejem se neneutralizuje kyselinou fosforečnou. Po dalších úpravách vzniká fosforečné hnojivo a glycerín, který je možno dále využít ve farmaceutickém průmyslu. [2]

### **2.2.1 Bionafta první generace MEŘO (metylester řepkového oleje)**

Bionafta první generace se u nás začala vyrábět na počátku devadesátých let. Evropská zkratka pro tento produkt je FAME (Fat Acid Methylester). Svými vlastnostmi se výrazně přibližuje k vlastnostem motorové nafty.

Základní složkou pro toto palivo je methylester. Vzniká esterifikací řepkového oleje. Jedná se o nažloutlou čirou kapalinu bez viditelných stop mechanických nečistot a vody. Není toxická, neobsahuje těžké kovy, a tedy není zdraví škodlivá. Je biologicky odbouratelná a tím šetrná pro životní prostředí.

Bionafta má v porovnání s motorovou naftou nižší výhřevnost a velký sklon k rozkladu za přítomnosti vody, při které vznikají korozivní volné kyseliny a metanol, které negativně působí na součástky vně motoru a olejovou náplň, která je součástí každého spalovacího motoru. Nenasycené mastné kyseliny při zvýšené teplotě a za přítomnosti vzduchu mají tendenci k polymerizaci, při níž se vytváří v bionaftě výševiskozní produkty, které se později přemění v lepkavé až pevné produkty, které se usazují nebo tvoří obtížně odstranitelný lepkavý film na povrchu součástí, které přišly s bionaftou do styku. Tento se usazuje na vnitřních stěnách palivové soustavy a všech ostatních komponentech, se kterými přichází

do kontaktu. Ucpávání miniaturních otvorů ve vstřikovací trysce vede nejen ke snížení výkonu motoru, ale také zvýšeným emisí a v neposlední řadě také k možností poškození motoru. Nejvíce bionafta reaguje s eleastomery, ze kterých jsou vyrobeny těsnící elementy. U těchto těsnících elementů může docházet ke změně jejich objemu nebo nateptávání, což může mít za následek mechanické zablokování přívodu paliva do motoru a k jeho vyřazení z provozu. [2]

### **2.2.2 Bionafta druhé generace**

Je tvořena směsí základního uhlovodíkového paliva a paliva získaného z biomasy a příslušných přísad a aditiv. Uhlovodíková část paliva musí být hluboce odsířená a dearomatizována, aby byla zachována podmínka biologické odbouratelnosti. Přesné složení této směsi si každý výrobce chrání užitným nebo patentovým vzorem. Výrobce si také zajišťuje homologaci, atestaci a registraci na Ministerstvu dopravy.

Bionafta si zachovává všechny základní vlastnosti motorové nafty. Palivo vykazuje srovnatelnou spotřebu s motorovou naftou, nízké emise výfukových plynů. Barva paliva je číře nažloutlá až žlutá, s bodem vzplanutí nad 55°C. Na trhu se objevuje pod různými názvy jako například NATUR DIESEL, BIO DIESEL, BIONAFTA, EKONAFTA, U 22, BIOPAL 22 a jiné. [11]

### **2.3 Emulzní motorová nafta**

Přidávání vody do paliva má své kořeny již v počátcích motorismu. Používala se jako prostředek pro vnitřní chlazení motoru. V letectví se přidáním vody do paliva v období druhé světové války stalo prostředkem ke krátkodobému zvýšení výkonu motoru, samozřejmě za cenu drastického snížení životností těchto motorů. Proběhli i experimenty u závodních automobilů.

Emulzní naftu lze částečně zařadit do skupiny ekologických paliv. Jedná se o klasickou motorovou naftu, v níž je dokonale emulgovaná demineralizovaná voda a to v množství 9 %. Dále obsahuje 2 % emulgačních činidel, která zajišťují

velmi malou velikost kapek dokonale rozptýlené vody, stabilizují vodní emulzi, chrání kovové materiály proti korozi, zvyšuje cetanové číslo. Byly vyvinuty speciální emulgátory, které vytvářejí mikroemulzi, v níž jsou kapičky tak malé, že emulze je čirá. Stabilizační přísady zde v poslední řadě zajišťují stabilitu při nízkých teplotách.

Při spalování se projevuje efekt mikroexploze, při které je emulgovaná voda v kapénce paliva při vysoké teplotě, která ve spalovacím prostoru, prudce expanduje. Touto explozí je palivo více rozprášeno a atomizováno, což vede k dokonalejšímu spálení směsi. Odběr tepelné energie na vypařování emulgované vody a její termický rozklad snižuje teplotu ve spalovacím prostoru. Při nižší teplotě je oxidace dusíku za vzniku nebezpečných  $\text{NO}_x$  potlačena. Voda a emulgátory přispívají k lepšímu výplachu spalovacího prostoru, což zlepšuje účinnost motoru.

Toto palivo nemá biologickou odbouratelnost, ale dochází zde ke snížení emisí ve výfukových plynech.

Tab. 2. 3. Vlastnosti emulzní motorové nafty [3]

Vlastnosti	Jednotka	Emulzní motorová nafta		Motorová nafta	
		minimum	maximum	minimum	maximum
Hustota při 15°C	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	835	870	820	845
Bod vzplanutí	°C	56		55	
Voda	%	9	15		200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Vzhled		mléčný	nesmí obsahovat vrstvu volné vody		
Viskozita při 40°C	$\text{mm}\cdot\text{s}^{-2}$	2	7	2	4,5
Mazivost	$\mu\text{m}$		460		460
CFPP	°C	0		0	
Od 15. 4. do 30. 9.		-10		-10	
Od 1. 10. do 15. 11.		-20		-20	
Od 16. 11. do 28. 2.		-10		-10	
Od 1. 3. do 14. 4.					

## 2.4 Plyn

Jako pohonný plyn se již v minulosti používalo mnoho druhů hořlavých plynů. Mezi nejdůležitější patřil svítiplyn a zemní plyn, dřevoplyn, metan a acetylén. V českých zemích se plynu pro pohon automobilů začalo využívat již v roce 1936. Byl použit stlačený svítiplyn, který složil k pohonu autobusů v Praze, Krnově a Olomouci. Průkopníkem v použití svítiplynu v MHD byla tramvaj, která jezdila v Drážďanech již v roce 1893. [4]

V současnosti se pro pohon automobilů používá směs plynů propanu a butanu, zemní plyn stlačený nebo zkapalněný, vodík ve formě stlačeného nebo zkapalněného plynu, popřípadě zdroje pro výrobu elektřiny v palivových článkách.

### 2.4.1 LPG (Liquefied Petroleum Gas)

Jde o zkapalněné uhlovodíkové plyny, propan a butan, získávané při frakční destilaci ropy, jako frakce s nejnižším bodem varu. Mezinárodně se používá zkratka LPG. Protože se toto palivo získává z ropy, nelze je jednoznačně považovat jako alternativní.

Plyn není jedovatý, je těžší než vzduch a má vysokou výhřevnost. V kapalném stavu jde o bezbarvý plyn, snadno těkavý a se specifickým zápachem. Při zkapalnění je v malém objemu akumulováno velké množství energie. Do kapalného stavu je tento plyn možno uvést ochlazením nebo stlačením.

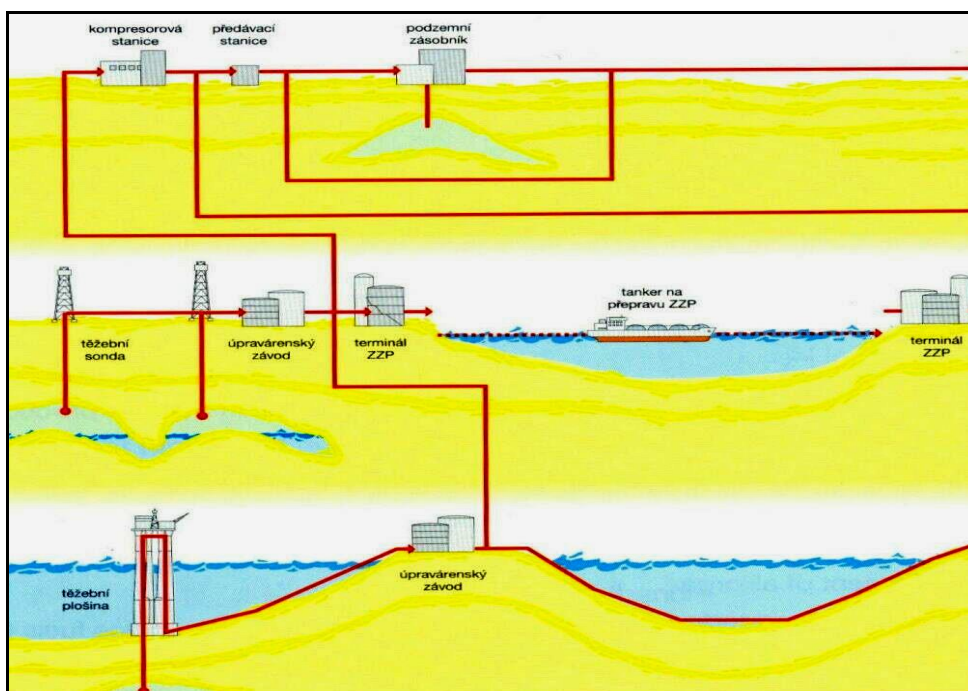
Spaliny neobsahují žádné saze ani oxidy síry. Emise oxidu dusíku jsou sníženy na hodnoty pod limit stanovený normou. Při náhodném úniku z palivové soustavy vozidla nebo nádrží se odpaří, takže nekontaminuje zeminu ani spodní vody. Plyn spolu se vzduchem může za určitých podmínek vytvořit výbušnou směs. Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké bezpeční požadavky pro provoz a opravy vozidel na tuto směs. [5]



## 2.4.2 Zemní plyn

Zemní plyn je tvořen směsí uhlovodíků, zejména metanu, dusíku a oxidu uhličitého. Metan tvoří v podílu směsi až 98 % hmotnosti. Jde o bezbarvý plyn se slabým zápachem. Má velmi vysokou výhřevnost a neobsahuje těžké kovy. Jedná se o čisté palivo, které nemá problémy se současnými ani budoucími emisními limity. Získává se těžbou s ložisek, která se nacházejí na pevnině nebo mořském dně. Surový vytěžený plyn se v úpravárenských závodech zbavuje vody, sloučenin síry, oxidu uhličitého a prachu. Dále je distribuován prostřednictvím potrubí nebo tankerů do cílové oblasti, kde se zemní plyn přečerpává do plynových zásobníků. Ze zásobníků je postupně odčerpáván a dodáván do plynovodního systému k jednotlivým odběratelům.

Zemní plyn patří do kategorie fosilních paliv. Metan se však dá vyrábět ze zemědělských odpadů, komunálního odpadu nebo fekálií. Vyrobený bioplyn se dá použít jako palivo za stejných podmínek jako plyn z vrtů. Plyn používaný pro pohon vozidel může být stlačený nebo zkapalněný. Neobsahuje žádné karcinogenní látky a není zdrojem zplodin, které narušují ozónovou vrstvu atmosféry. [6]



Obr. 2. 1. Těžba a distribuce zemního plynu [7]

### **Zkapalněný zemní plyn – LNG ( Liquefied Natural Gas )**

Jedná se o zkapalněný plyn o teplotě mínus 162°C. Vyžaduje speciální nádrže na uskladnění typu termosky, které mají zajistit jeho nízkou teplotu, aby tlak v nádobě nevzrostl nad povolenou mez. Za normálního provozu se plyn odpařováním sám chladí, ale při delším odstavení plné nádrže z provozu je třeba zajistit dostatečné chlazení, i když je nádrž tepelně izolována. [5]

Náklady spojené se zkapalněním jsou poměrně vysoké. Česká republika má velkou nevýhodu, protože u nás není k dispozici dostatečný zdroj tohoto paliva a tedy vbudování velkého zkapalňovacího terminálu, spojeného s dovozem plynu, by bylo velmi nákladné. [1] Distribuuje se v kapalném stavu, jako klasické ropné palivo, ale ve speciálních přepravních cisternách.

### **Stlačený zemní plyn – CNG ( Compressed Natural Gas )**

Plyn je stlačený v nádobě pod tlakem 20 Mpa. Nádoby jsou vyrobeny z oceli, hliníku nebo kompozitních materiálů. Tento druh paliva je u nás i ve světě nejvíce používán při pohonu motorových vozidel. [1] Použitím tohoto druhu paliva dochází ke snížení emisí a hluku až o 15 decibelů.



Obr. 2.2 Motor na zemní plyn [8]

### 2.4.3 Vodík

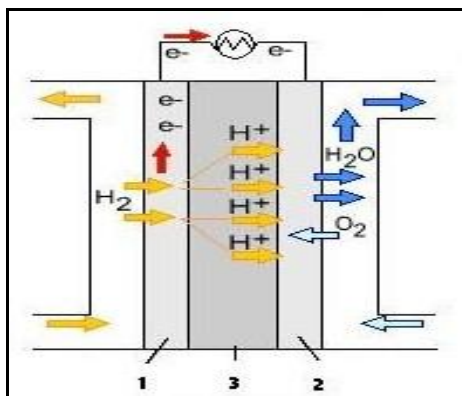
Palivo lze vyrábět elektrolýzou vody, ze zemního plynu, metanolu nebo rafinací vzduchu. Vysoké finanční náklady a energetická náročnost na tuto výrobu tvoří hlavní překážku v jeho rozšíření. Podobně jako zemní plyn ho lze použít stlačený nebo zkapalněný a to vázaný ve formě hydridu nebo adsorbovaný na porézním nosiči. Vodík je velice výbušný a proto vyžaduje zvýšené nároky na těsnost palivového systému vozidla. Vedlejšími produkty jsou teplo a voda.

Konvenční spalovací motor na vodíkovou směs je jedna z možných variant pohonných jednotek automobilů. Zde je možno toto palivo použít čistý nebo ve směsi se zemním plynem, kde 15 % objemu tvoří vodík.

Perspektivním zdrojem energie se jeví technologie palivových článků, které umožňují využití vodíku bezpečnější formou než jeho spalování. Pohonnou jednotkou je elektromotor. Na rozdíl od elektromobilů poháněných akumulátory, je elektřina pro pohon vyráběna přímo ve vozidle v palivových článcích.

Elektřina vzniká exotermní elektrochemickou reakcí samotného vodíku (stlačeného nebo zkapalněného) s kyslíkem (ze vzduchu). Vodík může být chemicky vyvinutý rovněž v automobilu (např. ze zemního plynu, metanolu, benzínu, apod.).

Nejedná se tedy o spalování paliva, nýbrž o chemickou reakci-opak elektrolýzy. Perspektivně bude energie získaná z větru, slunce nebo z bioplynu k výrobě vodíku stále více používána a lze očekávat, že zdroje s palivovými články zaujmou zásadní postavení v zásobování energií. Výzkumu tohoto zdroje energie se věnuje mnoho úsilí a palivové články získávají stále větší respekt [9].



Obr. 2. 3 Princip palivového vodíkového článku [10]

1 – anoda 2 – katoda 3 – polymerní membrána

### **3 Technické požadavky na vozidla MHD**

Pro přestavbu vozidel MHD, tedy autobusů, na alternativní paliva je třeba použít různých technických úprav, vylepšení některých konstrukčních prvků a vykonat určitý sled úkonů, aby přechod na nové palivo vedl k jeho úspěšnému využití a odstranily se některé problémy, které souvisí se zavedením nového paliva.

Před započítím přestavby motorového vozidla musíme zajistit některá legislativní povolení a zjistit dostupnost zvoleného druhu alternativního paliva, aby byl zabezpečen plný provoz všech takto upravených vozidel. Při přestavbě musíme přihlídnout také ke stáří vybraného vozidla, protože přestavba je v některých případech velmi finančně náročná a návratnost investic je vázána na delší časový provoz takto upraveného vozidla. V některých případech je přestavba nevhodná a je nutno zakoupit novou přepravní jednotku od autorizovaného prodejce.

#### **3.1 Přestavba autobusů na bionaftu**

Na rostlinný olej je možno přestavět každý naftový motor s řadovým vstříkovacím čerpadlem. Obecně platí pravidlo, že starší a jednodušší motor se pro přestavbu hodí lépe než motor osazený novější technologií. U těchto motorů se přechod na bionaftu vůbec nedoporučuje.

Naftové motory musí být pro provoz na rostlinné oleje vhodně upraveny. Viskozita oleje se snižuje ohřevem chladicí kapalinou z motoru, nebo elektrickým topením. Bionafta se ohřívá na vhodném místě palivového systému a v palivové nádrži, aby byla čerpatelná i za nižších atmosférických teplot.

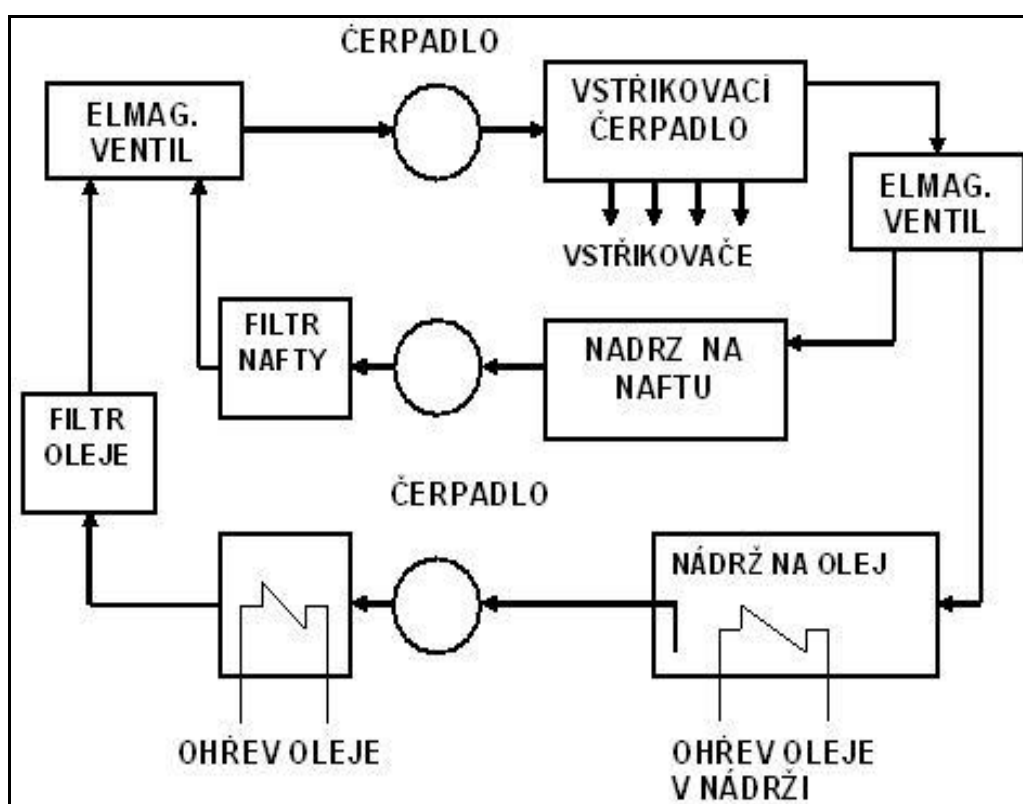
Vozidlové motory bývají provozovány nejčastěji tak, že studený motor se spouští na naftu a na olej se přechází až po dosažení provozní teploty motoru.

Při startování a studeném motoru běží systém na motorovou naftu. Po zahřátí motoru na 75°C se systém automaticky přepne na rostlinný olej. Při provozu a poklesu teploty pod 75°C se pomocí elektromagnetického ventilu opět přepne na motorovou naftu a k tomuto přepnutí také dojde při vypnutí motoru. Tím je zajištěna startovatelnost studeného motoru opět na naftu.

Dvounádržový systém zaručuje svojí konstrukcí ideální podmínky pro spalování rostlinného oleje, který při teplotách nad 75°C má velmi podobné vlastnosti jako motorová nafta.

Také pro dobré rozprášení oleje po jeho vstřiku do spalovacího prostoru v pístu nebo do komůrky v hlavě válců je nutné snížit viskozitu oleje jeho ohřevem na teplotu 70 až 80°C.

Jedno z možných uspořádání palivového příslušenství vozidla na rostlinný olej se dvěma palivovými nádržemi je schematicky znázorněno na obrázku 3.1.



Obr 3. 1 Palivové příslušenství vozidlového motoru na rostlinný olej a naftu [11]

Provoz vznětových motorů na rostlinné oleje se vyznačuje problémy spojenými s úsadami vysokomolekulárních látek, které se napékají a karbonizují na vstřikovacích tryskách, pístech, ventilech a dalších plochách ve válci motoru. Úsady způsobují zhoršení výkonových parametrů a mohou vést i k poškození

motoru. Rostlinný olej za vyšších teplot polymeruje a tvoří shluky polotuhých látek, které mohou ucpávat palivový systém. Pro předcházení provozním obtížím, které by tuhé substance v palivovém systému mohly způsobit, bývá před zastavením motoru palivový systém plněn motorovou naftou. Takové opatření pak usnadní i spuštění motoru za nižších teplot. [11]

Významný rozdíl proti provozu na naftu vykazuje provoz vznětového motoru na rostlinný olej i z hlediska stavu motorového oleje. Rostlinný olej, který pronikne do motorového oleje, urychluje snižování alkality motorového oleje. V důsledku polymerace rostlinných olejů může docházet od zahušťování motorového oleje až ke ztrátě jeho čerpatelnosti. Rostlinné oleje tak způsobují rychlejší znehodnocování motorových olejů, a proto je nutné zkrátit intervaly pro jejich výměnu.

Jednodušší variantou je jednonádržový palivový systém. Tento systém klade zvýšené nároky na vstřikovací čerpadlo při studeném motoru, protože zde odpadá nádrž s motorovou naftou. Motor funguje pouze na biopalivo, a proto je do palivového systému zařazeno elektrické ohřívání paliva, které se samočinně vypne při teplotě chladicí kapaliny vyšší než 75°C a při poklesu opět samočinně zapne. [8]

Před přechodem na bionaftu je nutné odkalit palivovou nádrž, vyměnit palivové filtry a dle možnosti vyčistit celou palivovou soustavu vozidla.

### **3.2 Přestavba autobusů na bionaftu druhé generace**

Druh tohoto pohonu nevyžaduje zvláštních úprav motoru, palivové nádrže a rozvodů paliva. Motorová nafta tvořící až 70 % hmotnostního podílu paliva dostatečně zajišťuje všechny motorářské vlastnosti a technické parametry pro bezproblémový chod motoru. [2]

Před použitím paliva je nutné pouze odkalení nádrže a výměna palivových filtrů, protože řepkový olej obsažen ve směsi má čistící účinky a mohlo by dojít k jejich ucpání a zastavení chodu motoru.

Přimíchávání MEŘO v určitém poměru do motorové nafty je od září 2008 určeno zákonem.

### **3.3 Přestavba autobusů na emulzní naftu**

Vozidla provozována na běžnou motorovou naftu mohou bez úprav spalovat i tuto upravenou naftu. Přejít s emulzní motorové nafty na klasickou motorovou naftu nebo naopak se může uskutečnit bez zásahů na dopravních prostředcích a bez vypouštění palivové nádrže. Stabilita emulze je zaručena po dobu čtyř měsíců. Na toto palivo je možno provozovat motory do emisní normy EURO 3 a vozidel po záruční době.

Jediná odlišnost od provozování vozidel na klasickou naftu spočívá v úpravě skladovacích nádrží pohonných hmot, do kterých se dodatečně montuje míchací zařízení, které ve stanovených intervalech promíchává palivo v nádrži a tím se zajišťuje stejnorodost směsi v celém obsahu skladovací nádrže. Promíchávání v palivové nádrži vozidla není již nutné, pouze při odstavení vozidla z provozu na dobu delší než tři měsíce je nutno přistoupit k provzdušnění nádrže pomocí jednoduchého přípravku a stlačeného vzduchu.

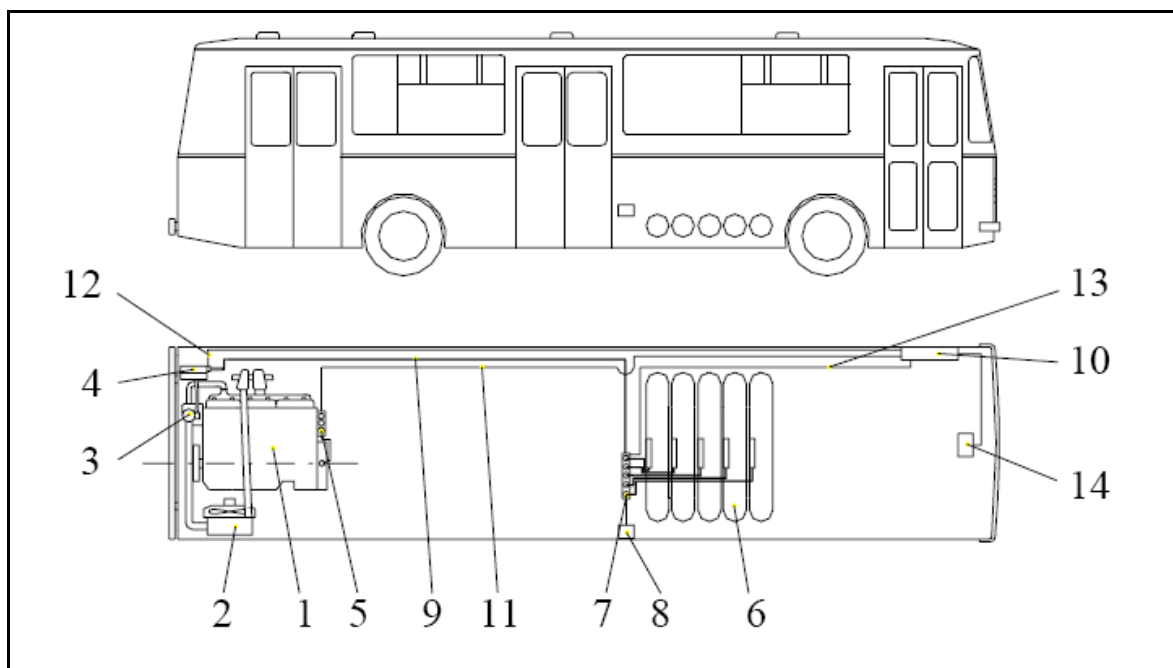
### **3.4 Přestavba autobusů na LPG**

Přestavba představuje razantnější úpravu vozidla. Je nutno přistoupit k výměně motoru za plynový. Jedná se o plynový zážehový motor ML 636 PB na LPG, který je vyráběn v pěti variantách s výkonem od 147 do 185 kW. [9]

Další úpravou je montáž tlakových lahví na LPG, které se umísťují naležato za přední nápravu, kde je umístěna původní nádrž na naftu, která se demontuje.

Zde je umístěno pět lahví o objemu 120 dm<sup>3</sup>. Spojovacím potrubím přes odpařovač a směšovač je plyn přiváděn do spalovacího prostoru. Vše je řízeno elektronickým řídicím systémem. V přední části vozidla na pracovišti řidiče je umístěn kontrolní a ovládací panel.

Na obr. 3.2 je schématicky znázorněna celková zástavba do autobusu typu Karosa, které tvoří nejvyšší podíl v zastoupení vozidel ve všech dopravních podnicích v české republice.



Obr. 3. 2 Schéma autobusu na pohon LPG [9]

1 – plynový motor 2 – mezichladič plnicího vzduchu 3 – směšovač s ovládáním a regulací motoru 4 – odpařovač s regulátorem tlaku plynu 5 – elektronický zapalovací systém motoru 6 – tlakové nádrže na LPG 7 – spojovací blok s elektromagnetickými ventily pro odběr plynu 8 – plnicí ventil 9 – přívodní potrubí k odpařovači 10 – elektronická řídicí jednotka 11 – elektrický obvod zapalování s řídicí jednotkou 12, 13 – elektrické obvody řídicí jednotky 14 kontrolní a ovládací panel pro obsluhu

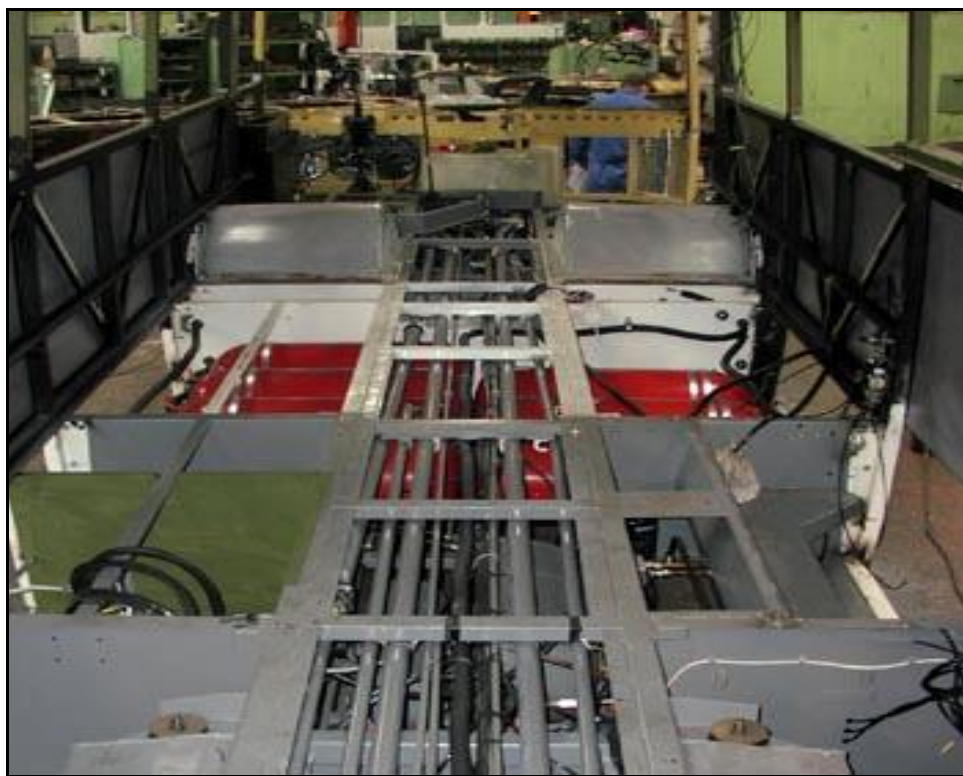
### 3.5 Přestavba autobusů na CNG

Přestavba je založena v dodatečné montáži vysokotlakého rozvodu plynu a zásobníků včetně zesílené konstrukce roštu pro uložení zásobníků a konverzi vznětového motoru na pohon stlačeným zemním plynem. Konverze motoru je prováděna specializovanou firmou formou nového motoru nebo samotnou plynifikací původního motoru. [5]

Plynové zásobníky jsou ocelové a montují se v počtu 6–7 kusů v závislosti na požadovaném dojezdu na jedno naplnění. Jmenovitý plnicí tlak je 20 MPa.



Přestavbu autobusů na CNG je vhodné spojit s generální opravou nebo celkovou opravou roštu a karosérie.



Obr. 3. 3 Umístění palivových nádrží při přestavbě na CNG [6]

### **3.6 Přestavba autobusů na LNG**

Je v podstatě totožná s přestavbou na CNG. Velký problém jsou nákladné palivové nádrže typu termosky, které se umísťují na střechu vozidla a musí mít složitý systém chlazení při nulovém odběru paliva, to je při odstavení vozidla z provozu. Takto upravené autobusy mají nižší celkovou hmotnost než při pohonu na stlačený zemní plyn.

### **3.7 Přestavba autobusů na vodíkový pohon**

Protože jsou palivové články a komponenty pro přestavbu drahé, nepoužívá se zástavba do starších vozidel. Jde tedy o celkovou výrobu nového vozidla.

Ve světě je již zkonstruováno a zkouší se v provozu několik druhů systému na využití vodíku pro pohon automobilů.

Jedním z vyrobených vozidel je NEBUS (New Electric Bus). Systém vozidla se skládá z palivových článků, zásobníků vodíku, zvlhčovacího zásobníku, vzduchového kompresoru a příslušenství. Zásobníky vodíku jsou umístěny na střeše vozidla ve speciální konstrukci, která obsahuje sedm tlakových lahví o tlaku 300 barů. Přívod kyslíku je zajištěn nasáváním okolního vzduchu. Pohon autobusu zajišťují dva kompaktní elektromotory, které mají pevný převod a jsou umístěny ve dvoumontáži zadních kol. Touto konstrukcí odpadá potřeba automatické převodovky a k regulaci otáček slouží vnější planetová převodovka přidavnými čelními převody.

Vozidlo je navrženo na výkon 260 kW, který musí pokrýt nejen spotřebu obou elektromotorů o výkonu 150 kW ale i kompresoru, čerpadel, ventilátorů a dalších důležitých spotřebičů. Pro chlazení trakčních motorů je nutný nezávislý chladicí okruh. Dojezd tohoto vozidla je až 300 km a jeho největší předností je, že jeho výfukové plyny neobsahují žádné škodliviny ale jen vodní páru. [5]



Obr. 3. 4 Autobus na vodíkový pohon [5]

## 4 Ekonomika provozu

Ekonomické hodnocení provozu autobusů na alternativní paliva se skládá z mnoha faktorů. Optimální výběr paliva je ovlivněn v největší míře ekonomickými podmínkami, mezi které patří základní tržní principy, finanční a daňová opatření, legislativní a regulační opatření státu pro kontrolu emisí, technického stavu kvality paliv. Dalším významným ukazatelem na ekonomiku provozu jsou technické a technologické faktory, mezi které patří konstrukce a technologie dopravních prostředků, typy motorů, druh paliva a v neposlední řadě rozsah a údržba vozidel, která tvoří značnou část finanční zátěže provozu daného vozidla.

Všechny tyto faktory se navzájem ovlivňují a doplňují. Posouzením všech těchto faktorů a vzájemným porovnáním výhod a nevýhod jsme schopni určit ekonomicky nejvhodnější alternativní palivo.

V tabulkách, tab. 4. 2 až tab. 4. 5, je uvedeno porovnání jednotlivých druhů alternativních paliv s motorovou naftou.

Při výpočtech vycházím z počtu provedených pravidelných prohlídek v roce 2008 na provozovně dopravního podniku v Ostravě-Porubě, kde je provozováno 123 autobusů. Za rok zde bylo provedeno 696 plánovaných údržeb a 144 výměn motorového oleje. Výměna motorového oleje je prováděna při 60 tisících km nebo jednou ročně. Na jednu výměnu je třeba průměrně 38 litrů motorového oleje. Cena jednoho litru je 38 Kč, cena palivových filtrů se pohybuje kolem 300 Kč a olejových 500 Kč na provedenou výměnu na jenom voze. Výměny těchto filtrů jsou prováděny při všech stupních údržby. Všechny ceny jsou bez daně z přidané hodnoty.

Výpočtový model vychází z počtu ujetých kilometrů a spotřeby motorové nafty za měsíc duben, které byly ujety všemi sto dvaceti třemi autobusy. Počty provedených plánovaných prohlídek a výměn motorových olejů jsou stanoveny z ročního průběhu, což odpovídá 58 plánovaným prohlídkám a 12 výměnám oleje v motoru v průběhu jednoho kalendářního měsíce.

V porovnávacích výpočtech jsou zahrnuty pouze náklady na palivo, olej a filtry. Nejsou zde zohledněny hodinové sazby za provedené pracovní úkony.

Tab. 4. 1 Použité hodnoty pro porovnání jednotlivých paliv

Ujetá vzdálenost (km)	526504
Počet vozidel (ks)	123
Počet plánovaných prohlídek	58
Počet výměn oleje v motoru	12
Obsah oleje v motoru (l)	38
Cena palivového filtru (Kč)	300
Cena olejového filtru (Kč)	500
Cena 1 litru motorového oleje (Kč)	38

#### 4.1 Bionafta

Použití tohoto druhu paliva je doporučeno hlavně pro starší motory s řadovým vstřikovacím čerpadlem. Efektivně řeší ekologické dožití starších vozidel. Zde je nutno zvážit použití dvounádržového systému, které vyžaduje vyšší náklady na přestavbu, ale umožní použití esterifikovaného oleje pod obchodním označením MEŘO nebo jednoduchého jednonádržového systému, které je vhodné pro použití směsného paliva pod obchodním označením BIODIESEL.

Tab. 4. 2 Porovnání MEŘA a motorové nafty

Druh paliva	MEŘO	Motorová nafta
Ujetá vzdálenost (km)	526 504	526 504
Spotřeba paliva (l)	207 416	201 374
Výměna palivových filtrů (ks)	116	58
Výměna olejových filtrů (ks)	116	58
Výměna oleje (l)	912	456
Cena 1 litru oleje (Kč)	38,00	38,00
Cena 1 litru paliva (Kč)	18,50	20,50
<b>Celková cena za:</b>		
Palivo (Kč)	3 837 196,00	4 128 187,50
Palivové filtry (Kč)	34 800,00	17 400,00
Olejové filtry (Kč)	58 000,00	29 000,00
Výměnu oleje v motoru (cena oleje)	34 656,00	17 328,00
Celkové náklady (Kč)	3 964 652,00	4 191 915,50
Úspora za měsíc (Kč)	<b>227 263,00</b>	

#### **4.1.1 Výhody bionafty**

Při spalovacím procesu lépe dojde k prohoření paliva ve spalovacím prostoru, sníží se kouřivost a zanášení výfukové soustavy sazí. Bionafta má vysokou mazací schopnost a tím snižuje opotřebení motoru a prodlužuje životnost vstřikovacích jednotek. Metylester řepkového oleje má schopnost motor dokonale vyčistit od karbonu a různých usazenin. Díky cenové politice je i cena litru bionafty výhodnější než cena běžné motorové nafty. [3]

#### **4.1.2 Nevýhody bionafty**

Nižší výhřevnost má za následek snížení schopnosti odvodu množství tepla, které by bylo možno odvést při úplném shoření jednoho kilogramu klasického ropného paliva. Zvýšená je agrese vůči gumě, silikónového těsnění a laku karosérie.

Před přechodem na toto palivo je nutno vyčistit palivovou soustavu a nádrž od vody a usazenin a samozřejmě je i výměna palivových filtrů. Nutno je také počítat se snížením výkonu motoru do 2 % a zvýšením spotřeby maximálně do 3 %. Bionafta ve směsi s vodou vytváří nerozpustné usazeniny, které vyžadují zvýšenou kontrolu palivového systému a časté výměny palivových filtrů. Také při dlouhodobém skladování v zásobních nádržích se rostlinná část tohoto paliva samovolně rozkládá a vytváří usazeniny, které v palivových soustavách vozidel zanášejí palivové filtry a vyřazují tyto vozidla z provozu. Zanášením palivových soustav se zvyšují náklady na opravy a údržbu vozidel.

#### **4.2 Emulzní motorová nafta**

Vhodné řešení pro starší motory do emisní normy EURO 3. Minimální náklady na přestavbu a provoz jsou jedny ze základních ekonomických ukazatelů.

Přechod na tento druh alternativního paliva je možno provést bez zásahu do dopravního prostředku. Palivo je dodáváno pod obchodním názvem Gecam.

Do roku 2011 je toto palivo osvobozeno od spotřební daně. Trojstrannou dohodou mezi odběratelem, vybraným dodavatelem motorové nafty a výrobcem emulzní nafty je zajištěna plynulá a pravidelná dodávka paliva v potřebném množství a kvalitě.

Tab. 4. 3 Porovnání emulzní a motorové nafty

Druh paliva	Emulzní nafta	Motorová nafta
Ujetá vzdálenost (km)	526 504	526 504
Spotřeba paliva (l)	213 458	201 374
Výměna palivových filtrů (ks)	116	58
Výměna olejových filtrů (ks)	58	58
Výměna oleje (l)	456	456
Cena 1 litru oleje (Kč)	38,00	38,00
Cena 1 litru paliva (Kč)	17,50	20,50
<b>Celková cena za:</b>		
Palivo (Kč)	3 837 196,00	4 128 187,50
Palivové filtry (Kč)	34 800,00	17 400,00
Olejové filtry (Kč)	29 000,00	29 000,00
Výměnu oleje v motoru (cena oleje)	17 328,00	17 328,00
Celkové náklady (Kč)	3 816 634,25	4 191 915,50
Úspora za měsíc (Kč)	<b>375 281,25</b>	

#### 4.2.1 Výhody emulzní nafty

Při spalování dochází k reakci pevných částí ve výfukových plynech. Tímto dochází nejen ke snížení těchto pevných částic až o 70 %, ale i k menšímu zanášení sedel, talířků výfukových ventilů, kanálů, tlumičů výfuku a výfukového potrubí. Projevuje se i zvýšený čistící účinek tohoto paliva v palivové soustavě vozidla.

Při přechodu na tento druh paliva není nutno měnit logistiku, motory nebo palivové nádrže vozidel. Promíchávání emulze v nádrži je zaručeno přirozenou cestou při pohybu vozidla. Cena tohoto paliva je až o tři koruny na jeden litr nižší než cena motorové nafty, což zaručuje finanční úsporu pro provozovatele vozidel na toto palivo.

#### 4.2.2 Nevýhody emulzní nafty

Zvýšená spotřeba asi o 6 % a mírné snížení výkonu motoru. Toto palivo nelze bez ztráty na záruku používat u autobusů v záruční době. Při provozu se také musí provádět častější výměna palivových filtrů. Voda způsobuje nabobtnání papírové vložky a při zanedbání kontrol na přítomnost oddělené vody v palivovém systému může dojít k protržení vložky.

#### 4.3 LPG

Autobusy na LPG nejsou v České republice vyráběny. Vždy se tedy jedná o přestavbu a dodatečnou montáž dalších potřebných zařízení do již vyrobeného nebo provozovaného vozidla, což zvyšuje náklady na zřízení takto poháněného vozidla. Vyšší cena přestaveného vozidla je částečně kompenzovaná nižšími provozními náklady na tento druh paliva.

Tab. 4. 4 Porovnání LPG a motorové nafty

Druh paliva	LPG	Motorová nafta
Ujetá vzdálenost (km)	526 504	526 504
Spotřeba paliva (l)	221 513	201 374
Výměna palivových filtrů (ks)	0	58
Výměna olejových filtrů (ks)	38	58
Výměna oleje (l)	304	456
Cena 1 litru oleje (Kč)	38,00	38,00
Cena 1 litru paliva (Kč)	12,50	20,50
<b>Celková cena za:</b>		
Palivo (Kč)	2 768 906,25	4 128 187,50
Palivové filtry (Kč)	0,00	17 400,00
Olejové filtry (Kč)	19 000,00	29 000,00
Výměnu oleje v motoru (cena oleje)	11 552,00	17 328,00
Celkové náklady (Kč)	2 799 458,25	4 191 915,50
Úspora za měsíc (Kč)	<b>1 392 457,25</b>	

#### **4.3.1 Výhody LPG**

Nízká cena tohoto druhu paliva a dobré ekologické vlastnosti vedly v minulosti k masivnímu rozvoji přestaveb autobusů. Cena paliva je sice vázaná na ceny ropy, ale i v dnešní době je stále výrazně nižší než cena motorové nafty. Jeden litr propan-butanu stojí asi polovinu ceny jednoho litru motorové nafty. V plynovém motoru nedochází k usazeninám karbonu a tím se prodlužuje kilometrový průběh výměny motorového oleje. Vysoká výhřevnost a antidetonační odolnost méně zatěžuje jednotlivé součásti motoru. Při náhodném uniku kapalného plynu do volného prostoru se plyn samovolně odpaří do ovzduší, což vede k nulovým nákladům na likvidaci ekologické havárie.

#### **4.3.2 Nevýhody LPG**

Nutná přestavba motoru vznětového na zážehový nebo zástavba nového plynového motoru. Spotřeba se zvedá zhruba o tři až deset procent a výkon motoru klesá o pět až sedm procent. Zvýšení celkové hmotnosti při přestavbě částečně sníží povolenou užitečnou hmotnost. Z další poměrně velikou investicí je nutno vybudovat vlastní čerpací stanici na tento druh paliva, která je pro provozování přestavených vozidel potřebná.

Protože LPG je těžší než vzduch a tvoří se vzduchem výbušnou směs, je třeba počítat se zvýšenými náklady na opravy a pravidelné revize plynových zařízení a investicemi do servisního a diagnostického zařízení. Pro zvýšené bezpečnostní podmínky se úměrně zvyšují i náklady na parkování a provádění běžných oprav na ostatních částech vozidla, obzvláště jsou-li současně provozována i vozidla na motorovou naftu. Běžné opravy musí provádět pouze vyškolený pracovník s přeškolením na zařízení pro alternativní pohon plynem.



#### 4.4 Zemní plyn

Přestavba vozidel na tento druh paliva je ekonomicky nevýhodná. Návratnost investic často přesahuje ekonomickou životnost přestaveného autobusu. Daňová politika státu a příspěvky plynárenských společností pomalu vyrovnávají rozdíl v cenách na pořízení autobusu na motorovou naftu a plynový pohon a proto je pořízení vozidla na plynový pohon pro dopravce ekonomicky stále zajímavější. Počty autobusů MHD využívající tento druh paliva se v naší republice stále zvyšují.

Tab. 4. 5 Porovnání CNG a motorové nafty

Druh paliva	CNG	Motorová nafta
Ujetá vzdálenost (km)	526 504	526 504
Spotřeba paliva (l)	241 650	201 374
Výměna palivových filtrů (ks)	0	58
Výměna olejových filtrů (ks)	38	58
Výměna oleje (l)	304	456
Cena 1 litru oleje (Kč)	38,00	38,00
Cena 1 litru paliva (Kč)	11,20	20,50
<b>Celková cena za:</b>		
Palivo (Kč)	2 706 480,00	4 128 187,50
Palivové filtry (Kč)	0,00	17 400,00
Olejové filtry (Kč)	19 000,00	29 000,00
Výměnu oleje v motoru (cena oleje)	11 552,00	17 328,00
Celkové náklady (Kč)	2 727 032,00	4 191 915,50
Úspora za měsíc (Kč)	<b>1 464 883,50</b>	

##### 4.4.1 Výhody zemního plynu

Velkou výhodou je cena tohoto paliva. Jeden litr motorové nafty je roven 1,2 m<sup>3</sup> plynu. Díky nulové spotřební daně státu zaručené až do roku 2011 s postupným navýšením až do roku 2019, kdy tato částka bude činit maximálně 1,4 Kč za 1 m<sup>3</sup> plynu, je velkým ekonomickým argumentem pro použití tohoto paliva.

Dotace na pořízení nového autobusu s tímto pohonem se pohybují kolem 800 tisíc korun. Plynárenské podniky poskytují za stejných podmínek dotaci ve výši 200 tisíc korun a při dostatečném počtu autobusů jsou schopny pomoci s finančními náklady na vybudování plnicí stanice.

Pořízení nových vozidel přispěje k omlazení vozového parku a snížením nákladů na vozové kilometry a režijních nákladů. Protože palivo je lehčí než vzduch umožňuje parkování v garážích a eliminuje se možnost výbuchu, čímž dojde ke snížení nákladů s porovnáním s vozidly na LPG. Od ledna 2009 jsou vozidla provozovaná na tento druh paliva osvobozena od silniční daně.

#### **4.4.2 Nevýhody zemního plynu**

Mezi nevýhody z ekonomického hlediska patří nutnost ještě před pořízením autobusu na zemní plyn vybudovat plnicí stanici. Pořízení této stanice se pohybuje v rozsahu od 8 do 20 miliónů korun. V současné době je cena většiny dílů plynového zařízení dosti vysoká a v pozáručním provozu může způsobit finanční nárůst nákladů na provoz těchto vozidel.

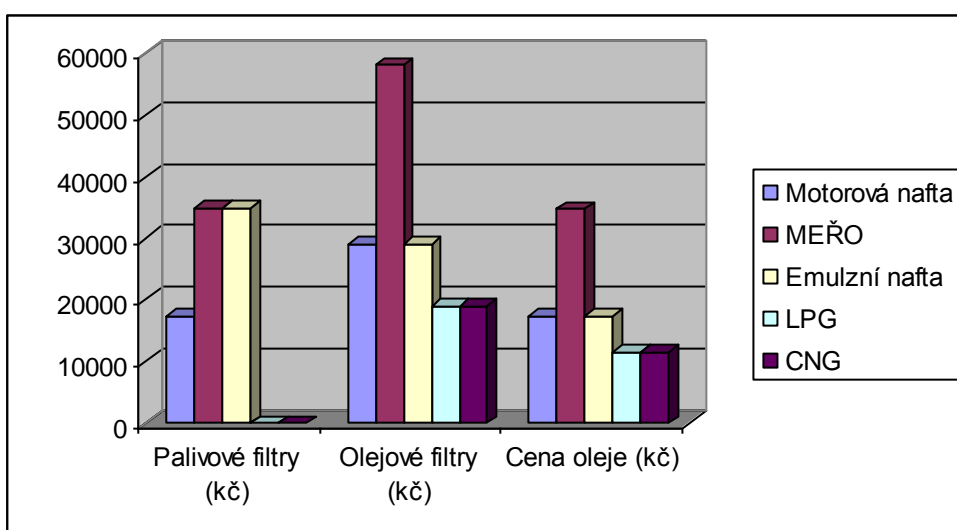
V případě provozu na LNG přináší jiná technologie plnění velká rizika pro obsluhu, údržbu a provoz plnicí stanice a tímto i další zvýšené náklady na provoz.

#### **4.5 Ekonomika vodíkového pohonu**

Ekologické důvody použití tohoto druhu paliva jsou hluboce potlačeny důvody ekonomickými. Výroba a zkoušky autobusů na tento pohon jsou stále ve stavu vývoje, pokusů a experimentů. Toto vše neúměrně zvyšuje náklady na pořízení autobusů na vodíkový pohon, které se pohybují v částkách kolem 30 až 100 miliónů korun. Velkou finanční zátěží je i vybudování čerpací stanice a zařízení na dodávky tohoto paliva. Proto je těžké srovnávat toto palivo s náklady na provoz vozidel na motorovou naftu.

#### 4.6 Porovnání paliv

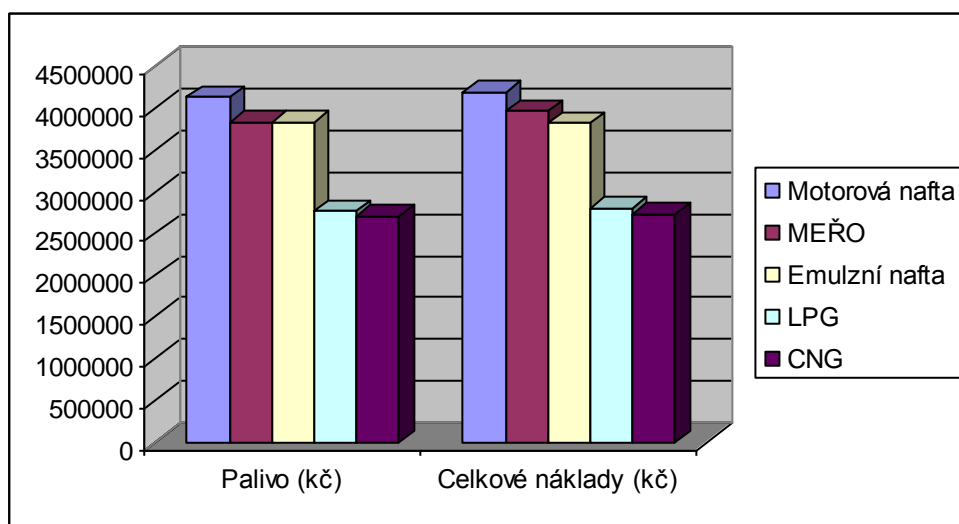
Z obr. 4.1 je možno porovnat, že největší náklady v oblasti filtrů a olejů má MEŘO. Při použití LPG nebo CNG je položka nákladů na palivové filtry nulová. Tento druh filtru již není potřebný. Sníží se i počet výměn motorového oleje, protože se zvýší kilometrový průběh do výměny oleje. Zvýšená spotřeba palivových filtrů by se u emulzní nafty při dlouhodobějším používání tohoto druhu paliva dala snížit až o 10 %. [12]



Obr. 4.1 Porovnání nákladů na filtry a motorový olej

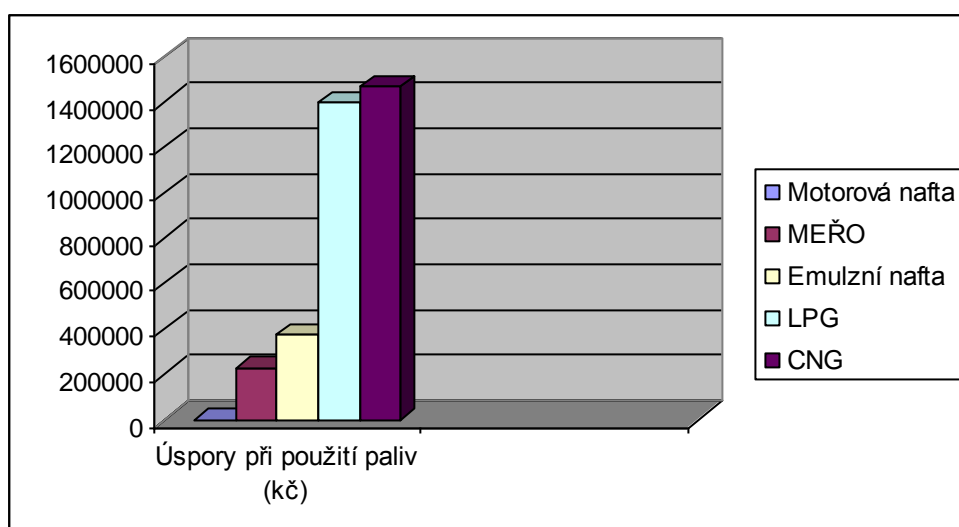
Z porovnání nákladů na paliva a celkových nákladů při měsíčním sledování 123 vozidel při ujetí 526 504 Km, je vidět, že nejvyšší náklady jsou při použití motorové nafty. Výrazné snížení těchto nákladů je až u plyných paliv. Zde je nutno připomenout nutnost výstavby čerpacích stanic pro tyto paliva a vysokou cenu přestaveb nebo vyšší pořizovací cenu těchto vozidel.

Jen mírné snížení těchto nákladů je vidět na obr. 4.2 u MEŘA a emulzní motorové nafty. U MEŘA je nutno přihlídnout ke zvýšeným nákladům při úpravě vozidla, hlavně při provozu na dvounádržový systém. U emulzní nafty již nejsou žádné jiné náklady na úpravu a lze konstatovat, že tyto náklady jsou konečnými náklady při použití tohoto druhu paliva k pohonu motorů.



Obr. 4.2 Porovnání nákladů za palivo a celkových nákladů

Měsíční úspory při použití vybraných paliv ve srovnání s motorovou naftou vidíme na obr. 4.3. Nejvyšší úspory při měsíčním průběhu 526 504 km lze dosáhnout při použití pohonu na CNG. Z těchto hodnot lze usoudit poměrně rychlou návratnost prostředků investovaných do pořízení vozidel a výstavby plnicí stanice. U emulzní nafty je vidět dosti značná finanční úspora, která spolu s přihlédnutím na minimální náklady při přechodu na tento druh paliva je ekonomicky přínosná pro koncového uživatele.



Obr. 4.3 Měsíční úspory při použití paliv při ujetí 526 504 km

## **5 Návrh a doporučení alternativního paliva**

Klesající zásoby a zvyšující se ceny ropy vedou dopravní podniky k hledání alternativních paliv k provozu autobusů MHD. Ostravský dopravní podnik by neměl být v tomto ohledu výjimkou.

V přehledu alternativních paliv jsem uvedl několik druhů paliv, možností přestaveb a úprav vozidel, které představují reálnou možnost použití těchto paliv pro pohon městských autobusů. Existuje i mnoho dalších alternativních paliv a pohonů, které nejsou vhodné pro přestavbu nebo provoz v MHD. Jedná se o různé druhy experimentů, pokusů na vozidlech pro individuální přepravu osob, které ve své práci neuvádím.

Podle přehledu a složení vozového parku dopravního podniku a. s. Ostrava, který je představen v příloze č. 2, a srovnáním nákladů na jednotlivé druhy paliv dle ekonomiky provozu uvedených v této práci, doporučuji tyto dvě alternativní paliva:

- pro dosluhující a technicky zastaralé typy vozidel přechod z klasické motorové nafty na emulzní motorovou naftu,
- postupný přechod na autobusy s pohonem na zemní plyn s využitím všech dotačních aktivit státu a energetických společností.

Dopravní podnik v Ostravě provozuje 320 autobusů MHD. Tyto vozidla jsou soustředěna na dvou provozovnách. První provozovna se nachází v městské části Hranečnick, kde je umístěno 197 autobusů. Druhá provozovna je umístěna v městské části Poruba, která provozuje 123 autobusů. Provozovna Poruba se nachází v zastavěné části města a z kapacitních důvodů je část vozidel odstavovaná v ústředních dílnách v Martinově.

### **5.1 První experiment o přechod na alternativní palivo**

V roce 1995 byl v ostravském dopravním podniku uskutečněn experiment o přechod z klasické motorové nafty na bionaftu MEŘO.

Jako experimentální pracoviště byla vybrána jedna ze tří provozoven, které v této době zajišťovaly provoz MHD v Ostravě. Výběr určil nejmladší provozovnu dopravního podniku v Ostravě-Porubě.

Celý experiment probíhal při minimálních nákladech. Byl zvolen jednonádržový systém bez jakéhokoli vyhřívání. Bylo jen upraveno palivové podávací čerpadlo, vyměněny palivové filtry a provedeno odkalení palivové nádrže. [14]

Za krátkou dobu po přechodu na MEŘO se začaly projevovat klady a zápory experimentu. Velice překvapily výborné výsledky při měření kouřivosti motoru. Kouřivost klesla u některých motorů až o 50 %. Po několika týdnech byl zaznamenán razantní pokles výkonu motoru. Demontáží vstřikovačů a prověřením na zkušební stoličce bylo zjištěno zanesení jednotlivých otvorů ve vstřikovací trysce. Další problémy nastaly v zimním období, kdy docházelo k ucpávání palivových filtrů a neschopnosti funkce předehřívacího zařízení, které slouží k usnadnění startu studeného motoru. Celý pokus ztroskotal vinou dodavatele MEŘA, který nebyl schopen zajistit dodávky potřebného objemu tohoto paliva.

Tento nezdařený pokus měl velký vliv na pokračování dalších experimentů s alternativními palivy. Vlivem tohoto neúspěchu se do dnešní doby neuskutečnil žádný další pokus o přechod na alternativní palivo.

## **5.2 Emulzní motorová nafta**

Doporučuji použít emulzní motorovou naftu pod obchodním označením GECAM, která byla vyvinuta přímo za účelem snížení nepříznivého dopadu na životní prostředí v MHD. Použití tohoto druhu alternativního paliva je ve stávající situaci pro vyřešení ekologizace starších vozidel, která již dopravní podnik v Ostravě vlastní, velmi rychlou a finančně dostupnou alternativou.

### 5.2.1 Složení výrobku

Voda vázaná v emulzi přináší dvě přímé výhody. Kapky o středním průměru 0,2  $\mu\text{m}$  rozbijí naftovou buňku a zvětší tak plochu výměny hoření a zároveň podporují homogenní rozprášení uhlovodíků. Druhou výhodou je, že odpaření vody snižuje teploty spalovacího procesu s následným snížením tvorby oxidu dusnatého. Přítomnost vody sníží výkon motoru o 5 až 8 %. S 1,06 litry ujedeme stejnou vzdálenost jako s jedním litrem klasické motorové nafty, ale úspora uhlovodíků vypuštěných do ovzduší bude až 5%. Voda obsažená v palivu prochází procesem demineralizace, čímž je dosaženo nízké elektrické vodivosti a tímto je zaručeno, že všechny součásti přicházející do styku s palivem nepodléhají korozi a nevytváří se na nich žádné usazeniny. [3]

Přítomnost směsi aditiv umožňuje obnovení původní mazací schopnosti a cetanového čísla nafty a zajišťují bakteriální ochranu. Složení aditiv také ovlivňuje schopnost výrobku odolávat minusovým teplotám. Podle tohoto kritéria se rozděluje na letní, zimní a arktickou.

### 5.2.2 Použití paliva

Přepravování, skladování a dodávání paliva je stejné jako u běžné motorové nafty. Stabilita výrobku je zaručena výrobcem po dobu čtyř měsíců. Mírným zamícháním výrobku se bezprostředně obnoví homogenita výrobku. Pro zvýšení a zajištění stability výrobku je do skladovací nádrže namontováno jednoduché míchací zařízení, které zajišťuje homogenitu paliva. Délka provozu míchacího zařízení je závislá na obsahu skladovací nádrže. Výdej paliva se uskutečňuje přes klasický výdejní stojan, který se používal pro výdej motorové nafty.

Toto palivo je možno použít pro všechny motory do emisní normy EURO 3 a motory v pozáruční době. Tab. 5.1 shrnuje výsledky testů provedené v období výzkumu vlivu paliva na emise motoru a uvádí reálné snížení znečišťujících látek vypouštěných do ovzduší.

Tab. 5. 1 Procentuální pokles emisí [3]

Typ emisí	Průměrné snížení u motorů EURO 0 -1	Průměrné snížení u motorů EURO 2	Průměrné snížení u motorů EURO 3
Oxid dusný (N <sub>OX</sub> )	-15%	-10%	-5%
Oxid uhličitý (CO <sub>2</sub> )	-5%	-3%	-3%
Oxid uhelnatý (CO)	-30%	-12%	-10%
Pevné částičky	-40%	-23%	-55%

### 5.2.3 Úkony potřebné při prvním použití paliva

Čistící efekt aditiv zapříčiňuje rozklad a uvolnění usazenin na dně nádrže a v příváděcím potrubí paliva do vstřikovacího systému motoru. Toto může mít za následek zanesení palivových filtrů. Dle dlouhodobé zkušenosti výrobce paliva je zapotřebí po dvou až třech dodávkách GECAMU provést výměnu palivových filtrů a provést odklení palivové soustavy. Výrobce také dodává aditiva, která jsou schopna likvidovat usazeniny a sedimenty organického původu pocházející z rozkladu nebo kvašení bionafty nebo bioložky přidávané do klasické motorové nafty.

### 5.2.4 Pracovní postupy při provozu

Dodavatel paliva nestanovuje přesná a závazná pravidla o čase a způsobu servisního zásahu. Poskytuje pouze určitá doporučení na základě předešlých zkušeností. Jde o tyto kontrolní a nápravné zásahy:

- ověření stavu a čistoty odkalovací skleničky před použitím tohoto paliva,
- ověření stavu a čistoty odkalovací skleničky po třech dodávkách emulzní nafty, nejpozději však do deseti dodávek,
- při zjištění nečistot jasně viditelných v odkalovací skleničce, je nutno provést vyčištění skleničky, výměnu palivového filtru a opětovnou kontrolu po sedmi dnech provozu,
- pokud se tato situace stále opakuje je nutno provést důrazné čištění celého palivového systému a výměnu palivových filtrů,
- u vozidel, kde se čištění a výměna filtru nejeví jako dostatečná, je třeba provést demontáž, vyčištění a vysušení palivové nádrže. [3]



### **5.2.5 Ekonomika projektu**

Roční spotřeba dopravního podniku v Ostravě se pohybuje kolem 8 miliónů litrů motorové nafty. Podle počtu vozidel schopných používat tento druh paliva je roční spotřeba emulzní motorové nafty něco kolem 4 miliónů litrů.

V současnosti je cena tohoto produktu o tři koruny na jednom litru nižší, než je cena jednoho litru klasické motorové nafty. Při nadspotřebě emulzní nafty, která se pohybuje kolem 6 % a ceně, která je 17,50 Kč za jeden litr vypočteme, že úspora za palivo činí 7,8 miliónů korun.

### **5.2.6 Přínos pro životní prostředí**

Snížení pevných částic ve výfukových spalínách má dle tvrzení výrobce snížit kouřivost u některých typů motorů až o 40 %. Mimo kouřivosti snižuje tento produkt i ostatní složky obsažené ve výfukových plynech. Použití tohoto druhu paliva přispěje ke zlepšení ovzduší.

### **5.2.7 Podmínky pro čerpání dotace**

Na projekt přechodu na emulzní motorovou naftu lze čerpat dotace z neinvestičního státního fondu pro životní prostředí. Pro čerpání dotací je třeba splnit následující podmínky:

- vyčlenit přesný počet autobusů na provoz s emulzní motorovou naftou,
- provést odkalení palivových nádrží,
- pro dodávky paliva vybrat vhodného dodavatele dle zákona o zadávání veřejných zakázek,
- uzavřít smlouvu o posouzení vlivu paliva na opotřebení motoru, palivový systém a průměrnou spotřebu s organizací, která je odborně a technicky schopna takového posouzení,
- uzavřít smlouvu o sledování a posouzení ekologických dopadů paliva s organizací, která je odborně i technicky schopna tohoto posouzení,

- pravidelně provádět ekonomické vyhodnocení plnění a to po ukončení jednotlivých etap projektu. [3]

### **5.3 Zemní plyn**

Na základě celosvětového trendu a vývoje a doporučuji jako alternativní palivo zemní plyn. Z hlediska většího rozšíření, dostupnosti, technologie přepravy, skladování a dostupnosti nově vyrobených vozidel doporučuji použít pro provoz vozidel stlačený zemní plyn.

Z hlediska stavu vozového parku dopravního podniku v Ostravě a ceny přestaveb vozidel na CNG nedoporučuji provádět přestavby již provozovaných vozidel, ale v následujícím období nakupovat nová vozidla na CNG přímo od výrobce

K prosinci 2008 je evidováno v české republice asi 1 200 vozidel na CNG, z toho 233 autobusů, a jejich počet se rychle zvyšuje.

#### **5.3.1 Plnicí stanice**

Nejdůležitější a nejnákladnější ještě před pořízením vozidel na CNG bude vybudovat plnicí stanici. Cena výstavby se pohybuje od 8 do 12 miliónů korun. Existuje několik druhů a způsobů investování a provozování plnicí stanice:

- výstavbu a provoz zajišťuje plynárenská společnost,
- výstavbu a provoz zajišťuje jiný subjekt,
- výstavbu a provoz si zajišťuje dopravní podnik.

Doporučuji použít pro výstavbu stanice plynárenskou společnost. Tato garantuje, že cena CNG bude kopírovat cenu nafty a garantuje úsporu autobusu kolem tří korun na jeden kilometr. Dále zajistí komplexní servis a údržbu stanice a výdejního zařízení. Zaručuje i finanční kompenzaci v případě poruchy zařízení.

Výstavbu doporučuji navrhnout do prostorů ústředních dílen v Martinově a spojit z možností zbrojení zemním plynem pro veřejnost. Další možností je provést

výstavbu a provoz plnicí stanice dopravním podnikem, ale upozorňuji na nutnost vložení finančních prostředků do výstavby a údržby stanice.

Při projektování stanice je nutné zajistit takovou technologii zbrojení, aby bylo zajištěno zbrojení v co nejkratším časovém intervalu a nedocházelo k zbytečnému zdržování a vytváření front u plnicí stanice.

### **5.3.2 Opravy, údržba a kontroly vozidel**

Tyto úkony představují další finanční investici. Pro tyto úkony navrhuji použít a podle předpisů provést přestavbu a úpravu stávajících prostorů vybudovaných před pěti lety v ústředních dílnách v Martinově. Zde doporučuji také výstavbu zbrojící stanice a zajištění odstavné plochy pro vozidla. Tyto plochy nevyžadují pro vozidla používající systém CNG zvláštních úprav a opatření.

Nová pracoviště bude třeba vybavit předepsaným diagnostickým zařízením a detektory pro zjišťování úniku plynu do ovzduší a bude nutno zvýšit výkon celého odvětrávacího zařízení. Je nutné také provést přeškolení všech zaměstnanců, kteří se budou na opravách, údržbě a revizích podílet.

### **5.3.3 Výběr vozidla**

Existuje několik výrobců a typů autobusů vyrobených s pohonem na CNG. Výběr vozidla je dle zákona spojen s veřejným výběrovým řízením, do kterého se mohou přihlásit libovolné organizace vyrábějící autobusy na zemní plyn. Pro prozkoumání jednotlivých druhů a typů jsem se rozhodl doporučit nízkopodlažní vozidlo firmy IVECO CITELEIS CNG.

Hlavní argumentem pro výběr byla skutečnost, že dopravní podnik v Ostravě vlastní 12 vozidel s motory na motorovou naftu. Koncepce vozidla vychází z konstrukčně stejných dílů, které by mohli být použity při opravách vozidel plynových. Tímto dosáhneme menší nutnosti vytváření skladových zásob náhradních dílů.

Cena tohoto městského nízkopodlažního autobusu se pohybuje kolem sedmi miliónů korun. Konečná cena je závislá na konečném vybavení vozidla.

V tab. 5.2 je uvedeno porovnání cen plynového autobusu s cenou autobusu na motorovou naftu. Je zde uvedena konečná cena po odečtení všech dotací, které lze získat při nákupu nového vozidla.

Tab. 5.2 Porovnání ceny autobusů podle druhu paliva

Druh paliva	Pořizovací cena	Dotace státu	Dotace společností	Koncová cena
Zemní plyn (Kč)	6 850 000	800 000	200 000	5 850 000
Motorová nafta (Kč)	5 450 000	0	0	5 450 000

#### 5.3.4 Údaje o vozidle

Typ: IVECO CITELIS CNG.

Motor: Iveco CURSOR 8 CNG.

Objem motoru: 7,8 l.

Maximální výkon: 200 kW při 2050 min<sup>-1</sup>.

Maximální krouticí moment: 1100 Nm při 1100 min<sup>-1</sup>.

Vlastnosti motoru: motor speciálně vyvinutý na plyn, proces stechiometrického hoření, fázové, vícebodové, sekvenční elektronické vstřikování paliva.



Obr. 5. 1 Autobus na zemní plyn IVECO CITELIS CNG [15]

Zástavba CNG: 8 nádrží z kompozitních materiálů (155 litrů každá nádrž), odolnost rámu CNG 6.5 g, umístění nádrží na střeše, potrubí a spoje mají odolnost 100 Mpa (provozního tlak je 22 Mpa), vysokotlaké vedení je vedeno mimo prostor pro cestující, umístění plnicího hrdla mimo oblast zasaženou v případě havárie.



Obr. 5. 2 Umístění nádrží se stlačeným plynem [15]

Spotřeba CNG: 55.29 kg na 100 km (těžký městský provoz), 42.32 kg na 100 km (kombinovaný provoz), 37.27 kg na 100 km (příměstský provoz).

Dojezd: městský provoz: až 600 km, příměstský provoz až 700 km.

Obsaditelnost: 26+1 sedících a 59 stojících cestujících. [15]

## 6 Závěr

V bakalářské práci jsem se zabýval přínosy a nedostatky jednotlivých druhů alternativních paliv vhodných pro pohon autobusů v MHD. Vzhledem k rozsahu zde nejsou uvedeny všechny druhy těchto paliv, které lze využít k pohonu vznětového motoru.

Vybrat to nejvhodnější palivo pro pohon je dosti obtížné. Při výběru je nutno hodnotit palivo zejména z hlediska přínosu pro životní prostředí, které představuje snížení emisních plynů vypouštěných do ovzduší, snížení hluchosti vozidel a šetrnosti k životnímu prostředí.

Použití alternativních paliv vyžaduje v některých případech razantní a nákladné úpravy nebo přestavby částí nebo celků vozidel. Nutno je také vyhodnotit dostupnost jednotlivých druhů alternativních paliv. Tento problém jsem blíže rozvedl a popsal v technických požadavcích na přestavbu vozidel.

V ekonomickém hodnocení jsem se zaměřil nejen na cenu paliv, ale hlavně na technickou stránku přestavby nebo úpravy vozidla řešenou z ekonomického pohledu na danou problematiku.

Při výběru vhodného paliva pro dopravní podnik v Ostravě jsem navrhnul u starších, již provozovaných vozidel přechod na emulzní motorovou naftu. Přechod na tento druh paliva je rychlým a ekonomicky přijatelným řešením, které dosahuje úspor při provozu vozidel a snížení emisí vypouštěných do ovzduší.

V dalším postupu v ekologizaci dopravy doporučuji přechod na vozidla s plynovým pohonem. Doporučuji použití stlačeného zemního plynu, jehož používání v dopravě je v dnešní době celosvětově podporováno a preferováno. Vyšší náklady na pořízení autobusů z prvovýroby je možno snížit dotacemi od státu a příspěvky plynárenských společností. Tyto společnosti si právem uvědomují, že dopravní podniky budou v budoucnu patřit k velkým odběratelům zemního plynu. Rozhodným ukazatelem při výběru tohoto paliva je přínos ve snížení emisí a jeho nízká cena. Nevýhodou je značná počáteční investice do výstavby plnicí stanice, kterou je nutno vybudovat ještě před pořízením nových vozidel s plynovým pohonem.

Použití navrhovaných paliv omezí nepříznivý vliv městské hromadné dopravy na životní prostředí v městských aglomeracích. Přispěje ke snížení emisí a tím ke zlepšení ovzduší pro obyvatele těchto měst.

## 7 Seznam použité literatury

- [1] Program alternativních paliv v dopravě, [online], dostupné z WWW:  
<[http://vodik.czweb.org/file.php?id=1\\_1133884954\\_02](http://vodik.czweb.org/file.php?id=1_1133884954_02)>
- [2] Autoexpert – časopis profesionálů v opravárenství, červenec + srpen 2007, Základní vlastnosti paliv, str. 28 – 30.
- [3] Gecam – emulzní motorová nafta, návod na použití.
- [4] Historie plynu v dopravě, [online], dostupné z WWW:  
<[http://www.cng.cz/cs/zemni\\_plyn/historie/histoire\\_plynu\\_v\\_doprave.html](http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/historie/histoire_plynu_v_doprave.html)>
- [5] Alternativní pohony v systémech MHD, [online], dostupné z WWW:  
<[http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/24\\_SP\\_09.PDF](http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/24_SP_09.PDF)>
- [6] Ekologizace provozu autobusů, [online], dostupné z WWW:  
<[http://envi.upce.cz/pisprace/ks\\_pha/04/rozenky.pdf](http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pha/04/rozenky.pdf)>
- [7] Těžba a distribuce zemního plynu, dostupný z WWW:  
<<http://piski.webnode.cz/news/par-zajimavosti-o-zemnim-plynu/>>
- [8] Motor na zemni plyn, dostupný z WWW:  
<<http://www.autobusovenoviny.cz/clanek/1079/motory-tedom-euro/>>
- [9] Využití alternativních paliv a dalších alternativních zdrojů energie v dopravě, jejich vliv na zátěž životního prostředí a energetická náročnost dopravních systémů, [online], dostupné z WWW:  
<<http://www.cdv.cz/text/szp/13904/zprava13904/DU10.pdf>>
- [10] Princip palivového článku, dostupný z WWW:  
<<http://slovensko.eco-energy.info/asp/index.asp?uc=&k=12048>>
- [11] Rostlinné oleje jako motorová paliva, [online], dostupné z WWW:  
<<http://biom.cz/clanky.stm?x=2127314-44k>>
- [12] Příspěvek, plynofikované autobusové dopravy k ozdravení ovzduší ve městech Most a Litvínov, [online], dostupné z WWW:  
<<http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2002/EKO-Most-10-02.pdf>>
- [13] Zemní plyn a jeho využití v provozu autobusů, [online], dostupné z WWW:  
<[http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/25\\_03\\_3.DOC](http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/25_03_3.DOC)>
- [14] Pokyny a postup přechodu na alternativní paliva, Martínek Tomáš, 1995, interní materiál Dopravního podniku Ostrava

[15] Propagační materiál firmy IVECO, dostupné z WWW:

<[http://www.karosa.cz/\\_data/prospekty/cz/Citelis\\_CZ\\_web\\_092007.pdf](http://www.karosa.cz/_data/prospekty/cz/Citelis_CZ_web_092007.pdf)>

[16] Plán sítě, dostupná z WWW:

<<http://www.dpo.cz/plansite/plansite.htm>>

[17] Vozový park, dostupný z WWW:

<<http://www.dpo.cz/vozy/autobusy.htm>>



## **8 Seznam příloh**

**Příloha 1** Mapa dopravní sítě dopravního podniku a. s. Ostrava. [16]

**Příloha 2** Přehled vozidel používaných v Dopravním podniku a. s. Ostrava. [17]